ABSTRAK

DAVINA SALMAH AN'NAFRI. Pemodelan Prediksi Non-Linear Tegangan Tembus Isolator Polimer Silikon *Rubber* dengan *Filler Fly ash* Menggunakan GLME-Spline dan *Machine Learning*. Dibimbing oleh Dr. Ir. CHRISTIONO, ST., MT., IPM

Tegangan tembus merupakan salah satu parameter penting dalam mengevaluasi kinerja dielektrik isolator polimer. Penambahan *fly ash* sebagai bahan pengisi (filler) pada material silikon rubber berpotensi meningkatkan karakteristik dielektrik, namun hubungan antara komposisi *fly ash*, suhu, dan tegangan tembus bersifat non-linear sehingga memerlukan pendekatan pemodelan yang lebih fleksibel dan akurat. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh komposisi *fly ash* dan suhu terhadap tegangan tembus isolator polimer silikon rubber, memodelkan hubungan non-linear menggunakan metode GLME dan GLME-Spline, serta mengembangkan model prediksi menggunakan BPNN dan SVM. Data yang digunakan berupa data sekunder tegangan tembus isolator silikon rubber dengan variasi komposisi *fly ash* sebesar 10%–80%, suhu pengujian 35°C–50°C, dan empat sumber *fly ash* yang berbeda. Evaluasi model dilakukan menggunakan parameter R^2, RMSE, dan MAPE. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan suhu cenderung menurunkan nilai tegangan tembus, sedangkan peningkatan komposisi *fly ash* menghasilkan hubungan non-linear dengan komposisi optimum sekitar 60% sebelum kembali menurun pada komposisi yang lebih tinggi. Metode GLME-Spline mampu merepresentasikan hubungan non-linear lebih baik dibandingkan GLME, ditunjukkan oleh peningkatan nilai R^2 dari 0,7457 menjadi 0,7834, penurunan RMSE dari 0,0354 menjadi 0,0327, serta penurunan MAPE dari 1,57% menjadi 1,48%. Di antara metode machine learning, SVM menghasilkan performa prediksi terbaik dengan nilai R^2 sebesar 0,8093, RMSE sebesar 0,0307, dan MAPE sebesar 1,30%, lebih baik dibandingkan BPNN yang menghasilkan R^2 sebesar 0,7617, RMSE sebesar 0,0343, dan MAPE sebesar 1,56%. Hasil pemodelan tersebut didukung oleh analisis SEM dan XRF yang menunjukkan bahwa dispersi partikel dan kandungan oksida *fly ash* berkontribusi terhadap karakteristik dielektrik isolator polimer.

Kata kunci: Tegangan Tembus, *Fly ash*, GLME-Spline, BPNN, Isolator Polimer Silikon *Rubber*

ABSTRACT

DAVINA SALMAH AN'NAFRI. *Nonlinear Prediction Modeling of Breakdown Voltage of Silikon Rubber Polymer Insulator with Fly ash Filler Using GLME-Spline and Machine Learning*. Supervised by CHRISTIONO, Ir., ST., MT., IPM

Breakdown voltage is one of the important parameters in evaluating the dielectric performance of polymer insulators. The addition of fly ash as a filler to silicone rubber material has the potential to improve its dielectric characteristics; however, the relationship between fly ash composition, temperature, and breakdown voltage is nonlinear, thus requiring a more flexible and accurate modeling approach. This study aims to analyze the effect of fly ash composition and temperature on the breakdown voltage of silicone rubber polymer insulators, model the nonlinear relationship using the GLME and GLME-Spline methods, and develop prediction models using BPNN and SVM. The data used were secondary breakdown voltage data of silicone rubber insulators with fly ash compositions ranging from 10% to 80%, testing temperatures ranging from 35°C to 50°C, and four different fly ash sources. Model evaluation was carried out using the R^2, RMSE, and MAPE parameters. The results showed that increasing temperature tended to decrease the breakdown voltage, while increasing fly ash composition produced a nonlinear relationship with an optimum composition of approximately 60% before decreasing again at higher compositions. The GLME-Spline method was able to represent the nonlinear relationship better than GLME, as indicated by an increase in the R^2 value from 0.7457 to 0.7834, a decrease in RMSE from 0.0354 to 0.0327, and a decrease in MAPE from 1.57% to 1.48%. Among the machine learning methods, SVM produced the best prediction performance with an R^2 value of 0.8093, an RMSE of 0.0307, and a MAPE of 1.30%, outperforming BPNN, which achieved an R^2 of 0.7617, an RMSE of 0.0343, and a MAPE of 1.56%. The modeling results were supported by SEM and XRF analyses, which showed that the particle dispersion and oxide content of fly ash contributed to the dielectric characteristics of the polymer insulator.

Keywords: Breakdown Voltage, Fly ash, GLME-Spline, BPNN, Silicone Rubber Polymer Insulator